

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

009316490 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1993-009954/199302

XRPX Acc No: N93-007490

Integrated optical sensor measuring distance to object - has polariser  
and quarter lambda plate passing reference and measuring beams

Patent Assignee: FRAUNHOFER GES FOERDERUNG (FRAU )

Inventor: HINKOV V

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

DE 4137562	C1	19930114	DE 4137562	A	19911115	199302 B
------------	----	----------	------------	---	----------	----------

Priority Applications (No Type Date): DE 4137562 A 19911115

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 4137562	C1	5	G01B-011/14		
------------	----	---	-------------	--	--

Abstract (Basic): DE 4137562 C

An integrated opto-electrical sensor for measuring a clearance distance between itself and an object (30) has a lithium niobate crystal substrate (2) on whose upper surface are formed three optical waveguides (6, 7, 8) by titanium diffusion.

The central waveguide (6) receives light from a laser diode (31) and is branched (6' 6'') to effect a coupling with the two outer waveguides (7,8). The combination thus forms the measurement and reference paths of a double Michelson interferometer having a polariser (27), the electro-optical phase modulators (20, 21) and the reflectors (25, 26). The interference signals resulting from dissimilar optical path lengths are converted by the photodetectors (36, 37) for electronic evaluation (38).

USE/ADVANTAGE - Provides accurate measurements at moderate expense. Operates within power limitations of normal semiconductor laser diode.

Dwg.1a/5

Title Terms: INTEGRATE; OPTICAL; SENSE; MEASURE; DISTANCE; OBJECT; POLARISE  
; QUARTER; LAMBDA; PLATE; PASS; REFERENCE; MEASURE; BEAM

Derwent Class: P81; S02; S03; V07

International Patent Class (Main): G01B-011/14

International Patent Class (Additional): G01J-009/02; G02B-001/02;  
G02B-006/12

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-A03A; S02-A03B2; S03-A09; V07-F01A5; V07-K02

?



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 41 37 562 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 B 11/14  
G 01 J 9/02  
G 02 B 1/02  
G 02 B 6/12

21 Aktenzeichen: P 41 37 562.9-52  
22 Anmeldetag: 15. 11. 91  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 1. 93

DE 41 37 562 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

72 Erfinder:

Hinkov, Vladimir, Dr., 7815 Kirchzarten, DE

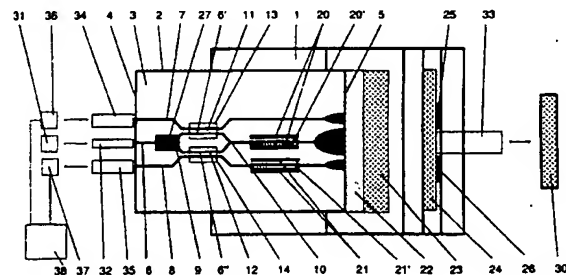
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 03 914 A1  
US 43 58 201  
EP 04 01 694

GB-Z.: Electronics Letters 26 (1990) 15, S. 1144-1145;

54 Anordnung zur Messung des Abstandes eines Objektes von der Anordnung mit einem integriert-optischen Sensor

57 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung des Abstandes eines Objektes (30) mit einem integriert-optischen Sensor, zumindest bestehend aus einem Substratkörper (2) und drei von einer vorderen Stirnseite (4) des Substratkörpers (2) entlang dessen Oberfläche (3) zur hinteren Stirnseite (5) sich erstreckenden, zwei Michelson-Interferometer bildenden monomodigen optischen Wellenleitern (6, 7, 8). Der an der vorderen Stirnseite (4) mit Licht einer Laserstrahlenquelle (31) beaufschlagte mittlere Wellenleiter (6) spaltet sich im vorderen Bereich des Substratkörpers (2) in zwei Arme (6', 6'') auf, die jeweils mit dem benachbarten, äußeren Wellenleiter (7, 8) einen Koppler (11, 12) bilden, und führt im hinteren Bereich des Substratkörpers (2) einen an der hinteren Stirnseite (5) aus- und einkoppelbaren, beiden Interferometern gemeinsamen Meßstrahl. Die beiden äußeren Wellenleiter (7, 8) dienen im hinteren Bereich des Substratkörpers (2) jeweils zur Führung eines an einem Spiegel (25, 26) reflektierten Referenzstrahles und im vorderen Bereich zur Führung der an der vorderen Stirnseite (4) auskoppelbaren Interferenzsignale, die jeweils einem mit einer Auswerteelektronik (38) gekoppelten Detektor (36, 37) zugeführt sind. Dem mittleren sowie einem der äußeren Wellenleiter (6 bzw. 8) sind im hinteren Bereich Mittel zur Phasenmodulation zugeordnet. Erfindungswesentlich ist, daß der mittlere Wellenleiter (6) zwischen vorderer Stirnseite (4) und Koppler-Bereich (11, 12) mit einem ...



DE 41 37 562 C 1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung des Abstandes eines Objektes von der Anordnung mit einem integriert-optischen Sensor aus einem Substratkörper und drei von einer vorderen Stirnseite des Substratkörpers entlang dessen Oberfläche über einen vorderen und einen hinteren Bereich des Substratkörpers zur hinteren Stirnseite des Substratkörpers sich erstreckenden, ein doppeltes Michelson-Interferometer bildenden monomodigen optischen Wellenleitern, wobei der mittlere Wellenleiter an der vorderen Stirnseite des Substratkörpers mit Licht einer Laserstrahlenquelle beaufschlagt ist, im vorderen Bereich des Substratkörpers sich in zwei Arme aufspaltet, die jeweils mit einem der beiden äußeren Wellenleiter einen Koppler bilden und die außerhalb dieses Koppler-Bereichs wieder zu dem einen Wellenleiter zusammengeführt werden, und im hinteren Bereich des Substratkörpers einen an der hinteren Stirnseite aus- und einkoppelbaren, beiden Interferometerzweigen des doppelten Michelson-Interferometers gemeinsamen Meßstrahl führt, während die beiden äußeren Wellenleiter im hinteren Bereich des Substratkörpers jeweils zur Führung eines an einem Spiegel in sich reflektierten Referenzstrahles und im vorderen Bereich zur Führung der an der vorderen Stirnseite auskoppelbaren Interferenzsignale dienen, die jeweils einem mit einer Auswerteelektronik gekoppelten Detektor zugeführt sind, und wobei dem mittleren sowie einem der äußeren Wellenleiter im hinteren Bereich des Substratkörpers Mittel zur Phasenmodulation zugeordnet sind.

Eine solche Anordnung zur Abstandsmessung mit Hilfe eines integriert-optischen Sensors, der aus einem doppelten Michelson-Interferometer besteht, der über zwei Koppler von einer Laserstrahlenquelle versorgt wird, ist bekannt (Jestel D., Baus A., Voges E. "Integrated-optic interferometric microdisplacement sensor in glass with thermo-optic phase modulation", Electronics Letters, 26 (1990) 15, S. 1144 – 1145). Der Substratkörper ist dabei aus Glas und die Wellenleiter sind durch Ionenaustausch hergestellt. Der Laserstrahl wird über eine die Polarisationsrichtung erhaltende Faser eingespeist. Die Spiegel, welche die in den äußeren Wellenleitern geführten Referenzstrahlen reflektieren, sind unmittelbar an der hinteren Stirnseite des Substratkörpers aufgetragen. Der beiden Interferometern gemeinsame, im mittleren Wellenleiter geführte Meßstrahl wird mit einer GRIN-Linse aus dem Wellenleiter ausgekoppelt und kollimiert. Der ausgekoppelte Meßstrahl wird sodann am Meßobjekt reflektiert und mittels GRIN-Linse wieder in den mittleren Wellenleiter eingekoppelt. Die Phasenmodulation am Meßstrahl und an einem der Referenzstrahlen erfolgt thermo-optisch durch Heizelektroden. Die Interferenzsignale werden über zwei an der vorderen Stirnseite der äußeren Wellenleiter angekoppelte Fasern mit Hilfe zweier Photodioden detektiert.

Nachteilig ist bei dieser Anordnung, daß die Hälfte der reflektierten Lichtintensität direkt in die Laserstrahlenquelle eingestrahlt wird. Dies hat zur Folge, daß verhältnismäßig große Gaslaser eingesetzt werden müssen, um ein zuverlässiges Funktionieren garantieren zu können. Eine weitere Schwierigkeit ist mit der Ankopplung der polarisationserhaltenden Faser verbunden, denn bereits kleine Lichtanteile unerwünschter Polarisationsrichtungen begrenzen die Auflösung bzw. Genauigkeit der Abstandsmessung. Deshalb ist hierbei neben der Forderung eines sehr kleinen Polarisationsüberspre-

chens in der Faser auch eine sehr genaue Ausrichtung der Hauptachsen der Faser bezüglich der Stirnseite des Substratkörpers nötig, was mit einem erheblichen Arbeitsaufwand einhergeht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Messung des Abstandes eines Objektes mit einem integriert-optischen Sensor der eingangs genannten Art anzugeben, bei der diese Nachteile vermieden sind, das heißt, die einerseits eine genaue Abstandsmessung gewährleistet, andererseits weniger aufwendig ist, insbesondere mit einer kleineren Laserstrahlenquelle auskommt.

Darüber hinaus sollen mit der Anordnung auch schnelle Abstandsänderungen des Objektes erfaßt werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der mittlere Wellenleiter zwischen vorderer Stirnseite des Substratkörpers und Koppler-Bereich mit einem Polarisator versehen ist und daß sowohl die Referenzstrahlen als auch der Meßstrahl durch eine  $\lambda/4$ -Platte geführt sind.

Durch diese Maßnahmen wird eine Einstrahlung von reflektiertem Licht in die Laserstrahlenquelle vermieden, so daß vorzugsweise auch mit einer Laserdiode statt mit einem Gaslaser als Strahlenquelle gearbeitet werden kann. Außerdem entfällt die Notwendigkeit einer sehr genauen Ausrichtung der Hauptachsen der polarisationserhaltenden Faser bezüglich des Substratkörpers bei der Einkopplung des Laserlichtes in den mittleren Wellenleiter, bzw. es kann auf eine solche Faser ganz verzichtet und eine normale monomodige Faser verwendet werden.

Aus der US-PS 43 58 201 ist zwar eine interferometrische Meßanordnung bekannt, bei der eine  $\lambda/4$ -Platte und ein Polarisator verwendet werden. Die  $\lambda/4$ -Platte und der Polarisator sind jedoch in der auch im übrigen anders aufgebauten Meßanordnung an anderer Stelle angeordnet und haben auch eine andere Funktion als beim Erfindungsgegenstand.

Aus der EP 04 01 694 A1 ist schließlich eine Interferometeranordnung zur Entfernungsbestimmung mit einer Laserdiode als Lichtquelle bekannt, wobei die optischen Komponenten im Interferometerkopf durch Glasfasern miteinander verbunden sind. Um unerwünschte Rückkopplungen von Laserlicht in die Laserlichtquelle auszuschalten, ist dabei zwischen Laserdiode und Interferometerkopf eine flexible Lichtleitfaser mit einer optischen Länge von mindestens einem, vorzugsweise sogar von zehn Metern angeordnet, über die dem Interferometerkopf das von der Laserdiode emittierte Licht zugeführt wird. Um die mit derartig langen Lichtleiterkabeln einhergehenden Handhabungsprobleme in den Griff zu bekommen, ist vorgesehen, jede Lichtleitfaser beidseitig über einen lösbaren Faserverbinder anzuschließen, was wiederum spezielle Maßnahmen erfordert, damit störende Rückreflexionen in die Laserdiode aus den lichtquellenseitigen Faserverbindern vermieden werden.

Bei der im übrigen auch interferometrisch völlig anders aufgebauten erfindungsgemäßen Meßanordnung werden diese Probleme umgangen.

Eine vorteilhafte Ausbildungsform der Erfindung sieht vor, daß der Substratkörper aus einem Lithiumniobatkristall in X- oder Y-Schnitt besteht, in dessen Oberfläche die optischen Wellenleiter durch Titandiffusion eingebracht sind, wobei die Wellenleiter in Z-Richtung liegen. Dadurch, daß mit Z-Ausbreitungsrichtung für die Moden gearbeitet wird, "sehen" beide fundamentalen

Moden die ordentliche Brechzahl  $n_o$  und außerdem gleiche von der Titaneindiffusion herrührende Brechzahlssprünge, wodurch beide Moden nahezu identische effektive Brechzahlen aufweisen und somit die Koppler sowohl für die TE- als auch für die TM-Mode gleich gut funktionieren.

Eine besonders günstige Weiterbildung der Erfindung besteht auch darin, daß die Mittel zur Phasenmodulation elektrooptisch ausgebildet sind, was bei Verwendung von Lithiumniobat statt Glas als Substratkörper möglich ist. Eine elektrooptische Phasenmodulation hat gegenüber einer thermooptischen Phasenmodulation mehrere Vorteile: So ist der Bedarf an Elektroenergie weitaus geringer. Eine thermische Belastung des Sensors wird vermieden. Außerdem kann mit einer größeren Modulationsfrequenz als 10 kHz gearbeitet werden, was von besonderer Bedeutung ist, weil dadurch auch schnellere Abstandsänderungen des Objektes erfaßt werden können.

Andere vorteilhafte Ausbildungsformen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels und einer zugehörigen Zeichnung näher erläutert werden. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1a) eine schematische Ansicht einer Anordnung zur Abstandsmessung mit einem integriert-optischen Sensor,

Fig. 1b) ausschnittsweise eine Seitenansicht der Anordnung gemäß Fig. 1a),

Fig. 1c) einen Querschnitt durch die Anordnung gemäß Fig. 1a) im Koppler-Bereich,

Fig. 1d) ausschnittsweise einen Querschnitt durch die Anordnung gemäß Fig. 1a) im Bereich des Polarisators,

Fig. 2 bis 4 schematische Ansichten von Gestaltungsvarianten der Anordnung zur Abstandsmessung nach Fig. 1 und

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines integriert-optischen Sensors, bei dem die Koppler durch zwei vom mittleren Wellenleiter in die äußeren Wellenleiter übergehende Y-Verzweigungen ersetzt sind.

Gemäß Fig. 1a) ist auf einer Trägerplatte 1 ein Substratkörper 2 in Gestalt eines Chips befestigt, entlang dessen Oberfläche 3 sich von einer vorderen Stirnseite 4 bis zur hinteren Stirnseite 5 drei monomodige, optische Wellenleiter 6, 7 und 8 erstrecken. Der Substratkörper 2 besteht aus einem Lithiumniobatkristall in X- oder Y-Schnitt. Die in Z-Richtung liegenden optischen Wellenleiter 6, 7 und 8 sind durch Titandiffusion in die Oberfläche 3 eingebracht. Der mittlere Wellenleiter 6 ist im vorderen Bereich der Substratoberfläche 3 über zwei Y-Verzweigungen 9, 10 in zwei Arme 6' und 6'' aufgespalten. Die äußeren Wellenleiter 7 und 8 weisen keine Verzweigungen auf, sind jedoch über eine Länge von einigen mm jeweils mit dem mittleren Wellenleiter 6 gekoppelt. Dabei bilden der Wellenleiter 7 mit dem Wellenleiterarm 6' und der Wellenleiter 8 mit dem Wellenleiterarm 6'' jeweils einen Koppler 11 bzw. 12. Die zwei Koppler 11, 12 können zum Zwecke der Homogenisierung der Wellenleiter mit einer protonenaugewechselten Schicht 13, 14 versehen sein, wie dies in der Zeichnung strichliert angedeutet ist. Mit einer solchen Schicht 13 bzw. 14 kann auch der Koppelkoeffizient fein abgestimmt werden. Es ist aber auch denkbar, im Kopplerbereich entlang der Wellenleiter 7, 8 und der Wellenleiterarme 6', 6'' Metallelektroden 15 bis 18 vorzusehen, um die Koppler 11 bzw. 12 elektrooptisch abzustimmen (Fig. 1c). In diesem Fall ist es günstig, wenn zwischen diesen Metallelektroden 15 bis 18 und den Wellenleitern

6', 6'', 7 und 8 eine dielektrische Schicht 19 angeordnet ist, weil dadurch Absorptionsverluste vermieden werden. Im hinteren Bereich der Substratoberfläche 3 sind jeweils zu beiden Seiten des mittleren Wellenleiters 6 sowie des äußeren Wellenleiters 8 etwa 1 cm lange Metallelektroden 20 bzw. 21 vorgesehen, die eine elektrooptische Phasenmodulation erlauben. Außer diesen Elektrodenpaaren 20 und 21 kann entsprechend der strichlierten Darstellung in der Zeichnung zusätzlich eine dritte Elektrode 20' bzw. 21' auf dem Wellenleiter 6 bzw. 8 plaziert werden, wobei auch hier eine dielektrische Zwischenschicht von Vorteil ist. An der hinteren Stirnseite 5 des Substratkörpers 2 sind alle drei Wellenleiter 6, 7 und 8 bis zu einer Breite von 50  $\mu$ m bis 1 mm parabolisch aufgeweitet. Auf der optisch polierten hinteren Stirnseite 5 des Substratkörpers 2 ist mit Hilfe eines optisch transparenten Klebers eine planparallele Glasplatte 22 befestigt, auf der wiederum eine Zylinderlinse 23 auf die gleiche Weise fixiert ist. Die Dicke der planparallelen Glasplatte 22 ist so gewählt, daß der Brennpunkt der Zylinderlinse 23 in der Klebefläche an der Stirnseite 5 liegt. Im Abstand von der Zylinderlinse 23 ist eine von der Trägerplatte 1 gehaltene  $\lambda/4$ -Platte 24 angeordnet. Die Trägerplatte 1 besteht aus Glas oder Si. Das gewünschte Profil ist entweder durch Aussägen aus einem Glasstück oder durch anisotropes Ätzen in Si hergestellt. Auf der der Zylinderlinse 23 abgewandten Seite der  $\lambda/4$ -Platte 24 ist in Verlängerung der Achsen der äußeren Wellenleiter 7 und 8 jeweils ein Spiegel 25 bzw. 26 aufgebracht. Die in Verlängerung der Achse des mittleren Wellenleiters 6 zwischen den Spiegeln 25 und 26 liegende spieglfreie Fläche der  $\lambda/4$ -Platte ist ebenso wie alle anderen im Strahlengang liegenden spieglfreien Flächen mittels dielektrischer Schichten entspiegelt, um Reflexionen zu vermeiden. Zum gleichen Zweck kann auch die Einkoppelkante schräg zur Wellenleiterachse poliert werden. Im vorderen Bereich der Substratoberfläche 3 ist der mittlere Wellenleiter 6 mit einem Polarisator 27 versehen, wobei dieser so angeordnet ist, daß im Bereich der Y-Verzweigung 9 auch die zwei Arme 6' und 6'' des Wellenleiters 6 teilweise überdeckt sind. Der Polarisator 27 kann aus einer aufgedampften dielektrischen Schicht sowie einer darüber liegenden Metallschicht bestehen. Dabei muß die Dicke der dielektrischen Schicht sehr genau eingehalten werden. Das verhältnismäßig schwierige Herstellen einer aufgetragenen dielektrischen Schicht und die einhergehenden Probleme mit der Haftung und Stabilität einer solchen Schicht sowie auftretende Streuverluste können vermieden werden, wenn der Polarisator 27 die in Fig. 1d) dargestellte Struktur aufweist. Demnach besteht der Polarisator 27 aus einer dünnen, zwischen 50 und 1000 nm dicken Schicht 28, die durch Protonenaustausch von der Substratoberfläche 3 her in einem gut kontrollierbaren Diffusionsprozeß hergestellt wird und eine reduzierte Brechzahl aufweist, sowie aus einer aufgedampften Metallschicht 29. Da die Brechzahl nur wenig reduziert wird, etwa um 0,03 bis 0,04, ist hierbei die Schichtdicke vergleichsweise unkritisch und eine gute Polarisationswirkung kann mit Schichtdicken in einem verhältnismäßig breiten Bereich erreicht werden. Da die dünne Schicht 28 dieselbe Kristallstruktur wie der Wellenleiter 6 hat, ist nur eine geringe zusätzliche Streuung oder Absorption zu erwarten und Haftungsprobleme treten überhaupt nicht auf.

Die Anordnung zur Abstandsmessung eines in der Zeichnung mit 30 bezeichneten Objektes mit dem beschriebenen integriert-optischen Sensor funktioniert

auf folgende Weise:

Das Licht einer Laserstrahlenquelle 31, beispielsweise einer Halbleiter-Laserdiode, mit einer Wellenlänge von zum Beispiel 800 nm, wird direkt oder mittels der Polarisation erhaltender Faser 32 an der vorderen Stirnseite 4 des Substratkörpers 2 in den mittleren Wellenleiter 6 eingekoppelt. Es wird eine TE-Mode erzeugt, die vom Polarisator 27 durchgelassen wird. TM-polarisiertes Licht hingegen wird vom Polarisator 27 absorbiert. Die Lichtintensität der TE-Mode wird sodann an der Y-Verzweigung 9 im Verhältnis 1:1 geteilt. Mit Hilfe der zwei 3 dB-Koppler 11, 12 wird je die Hälfte von jedem Teil zu den äußeren Wellenleitern 7, 8 gekoppelt und als Referenzstrahl in diesen Wellenleitern 7, 8, die mit dem Wellenleiter 6 jeweils ein Michelson-Interferometer bilden, zur hinteren Stirnseite 5 geführt. Der nicht zu den äußeren Wellenleitern 7, 8 gekoppelte Anteil wird an der Y-Verzweigung 10 vereint und vom mittleren Wellenleiter 6 als Meßstrahl zur hinteren Stirnseite 5 geleitet. Die parabolische Aufweitung der Wellenleiter 6, 7 und 8 bewirkt, daß sowohl die Referenzstrahlen als auch der Meßstrahl beim Auskoppeln an der Stirnseite 5 in Richtung der Chipkante nur sehr wenig, senkrecht dazu jedoch infolge von Beugung stark aufgeweitet sind. Nach passieren der planparallelen Platte 22 und der Zylinderlinse 23 liegen dann kollimierte Lichtstrahlen in Form kurzer Streifen vor. Die beiden äußeren Lichtstrahlen, das heißt die Referenzstrahlen, durchlaufen sodann die  $\lambda/4$ -Platte 24, werden an den Spiegeln 25, 26 reflektiert und passieren erneut die  $\lambda/4$ -Platte 24. Die aufgrund des zweimaligen Durchlaufens der  $\lambda/4$ -Platte 24 nunmehr TM-polarisierten Referenzstrahlen werden über die Zylinderlinse 23 an der Stirnseite 5 wieder in die äußeren Wellenleiter 7, 8 eingekoppelt. Der Meßstrahl passiert nach Verlassen der Zylinderlinse 23 gleichfalls die  $\lambda/4$ -Platte 24, wird danach mit einer GRIN-Linse 33 zusätzlich formiert und schließlich am Meßobjekt 30 reflektiert. Der Meßstrahl durchläuft dann ein zweites Mal die  $\lambda/4$ -Platte 24 und wird TM-polarisiert mittels Zylinderlinse 23 an der Stirnseite 5 in den mittleren Wellenleiter 6 zurückgekoppelt. Im Bereich der zwei 3 dB-Koppler 11 und 12 wird erneut zwischen den äußeren Wellenleiter 7 bzw. 8 und den Wellenleiterarmen 6' bzw. 6'' des mittleren Wellenleiters 6 Energie ausgetauscht, wobei es aufgrund der unterschiedlich zurückgelegten Wegstrecke zur Interferenz jeweils eines Teiles des Meßstrahles mit einem der Referenzstrahlen kommt. Die Interferenzsignale werden schließlich über an der Stirnseite 4 an die Wellenleiter 7 und 8 gekoppelte Fasern 34 und 35 je einem Photodetektor 36 und 37 und von diesen einer elektronischen Auswerteschaltung 38 zugeführt. Für die elektronische Signalauswertung wird mit Hilfe der Elektroden 20 der Meßstrahl und mit Hilfe der Elektroden 21 einer der Referenzstrahlen elektrophotisch phasenmoduliert.

Da der Polarisator 27 TM-polarisiertes Licht absorbiert, wird über den mittleren Wellenleiter 6 an der vorderen Stirnseite 4 kein reflektiertes Licht ausgekoppelt und über die Faser 32 in die Laserstrahlenquelle 31 eingestrahlt. Dadurch ist ein verhältnismäßig großer Gas-Laser entbehrlich, und es kann mit einer Laserdiode gearbeitet werden.

Die Anordnung des Polarisators 27 bietet noch einen weiteren Vorteil, insofern als die Notwendigkeit einer sehr genauen Ausrichtung der Hauptachsen der polarisationserhaltenden Faser 32 bezüglich der Kristallachsen des Lithiumniobatkristalles bei der Kopplung entfällt, da alle Restanteile TM-polarisierten Lichtes absor-

biert werden. Es ist sogar denkbar, eine normale monomode, nicht polarisationserhaltende Faser einzusetzen, was die Koppelprobleme vereinfacht, allerdings mit Intensitätsverlust einhergeht.

Die Verwendung eines Lithiumniobatkristalles in X- oder Y-Schnitt als Substratkörper 2 mit der Z-Achse als Ausbreitungsrichtung für die Moden ist in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft. So "sehen" hierbei beide fundamentalen Moden (TE- und TM-Mode) die ordentliche Brechzahl  $n_o$  und außerdem gleiche von der Titaneindiffusion herrührende Brechzahlsprünge, so daß beide Moden nahezu identische effektive Brechzahlen aufweisen. Das heißt, die Koppler 11, 12 funktionieren für die TE- und die TM-Mode gleich gut. Darüber hinaus ist bei der Z-Ausbreitungsrichtung das "optical damage" verhältnismäßig schwach.

Der Einsatz von Lithiumniobat statt Glas als Substratkörper 2 ist auch insofern günstig, als dadurch die Phasenmodulation nicht thermooptisch erfolgen muß, sondern elektrophotisch vorgenommen werden kann. Dies führt neben einem geringeren Bedarf an Elektroenergie und einer geringeren thermischen Belastung des Chips auch dazu, daß mit einer größeren Modulationsfrequenz als 10 kHz gearbeitet und somit auch schnellere Abstandsänderungen des Objektes 30 erfaßt werden können. Darüber hinaus entfällt eine spezielle Aufbereitung der Modulationssignale wie dies infolge der nichtlinearen Modulationskennlinie bei thermooptischen Modulatoren erforderlich ist.

In den Fig. 2 bis 4 sind verschiedene Gestaltungsvarianten der Seite des integriert-optischen Sensors gezeigt, an der der Meßstrahl ausgekoppelt wird. Die Funktionsweise des Sensors ist in jedem Fall die gleiche wie zu Fig. 1 beschrieben.

So ist es denkbar, anstelle der planparallelen Platte 22 und der Zylinderlinse 23 im Strahlengang der Referenzstrahlen und des Meßstrahles jeweils eine Kugellinse 39, 40 und 41 anzuordnen, wobei auch hier die Strahlqualität des Meßstrahles mit einer zusätzlichen, hinter der  $\lambda/4$ -Platte platzierten GRIN-Linse 33 verbessert werden kann (Fig. 2). Eine Aufweitung der Wellenleiter 6, 7 und 8 an der Stirnseite 5 kann dabei unterbleiben.

Es ist aber auch möglich, die  $\lambda/4$ -Platte direkt an der Stirnseite 5 zu befestigen (Fig. 3). Hierbei sind nur die äußeren Wellenleiter 7, 8 bis auf eine Breite zwischen 50 und 1000  $\mu\text{m}$  aufgeweitet. Der Meßstrahl wird mit einer an der  $\lambda/4$ -Platte 24 befestigten GRIN-Linse 33 aus- und wieder eingekoppelt.

Fig. 4 zeigt eine Variante, bei der die  $\lambda/4$ -Platte aus drei Teilen 24', 24'' und 24''' besteht, wobei zwei Teile 24' und 24'' im Bereich der äußeren Wellenleiter 7 und 8 unmittelbar an der hinteren Stirnseite 5 des Substratkörpers 2 angeordnet sind und der dritte Teil 24''' auf der gleichfalls direkt an der hinteren Stirnseite 5 angeordneten GRIN-Linse 33 befestigt ist.

Darüber hinaus ist es möglich, bei allen beschriebenen Varianten die beiden 3 dB-Koppler 11, 12 zu ersetzen, indem der mittlere Wellenleiter 6 im vorderen Bereich über zwei Y-Verzweigungen 9' und 10' derart aufgespalten ist, daß die Zweige jeweils in den benachbarten Wellenleiter 7 bzw. 8 übergehen (Fig. 5). Diese Art Y-Verzweigungen 9' und 10' verursachen zwar größere Intensitätsverluste, sind aber viel einfacher herzustellen als entsprechende Koppler.

## Patentansprüche

### 1. Anordnung zur Messung des Abstandes eines

Objektes von der Anordnung mit einem integriert-optischen Sensor aus einem Substratkörper und drei von einer vorderen Stirnseite des Substratkörpers entlang dessen Oberfläche über einen vorderen und einen hinteren Bereich des Substratkörpers zur hinteren Stirnseite des Substratkörpers sich erstreckenden, ein doppeltes Michelson-Interferometer bildenden monomodigen optischen Wellenleitern, wobei der mittlere Wellenleiter an der vorderen Stirnseite des Substratkörpers mit Licht einer Laserstrahlenquelle beaufschlagt ist, im vorderen Bereich des Substratkörpers sich in zwei Arme aufspaltet, die jeweils mit einem der beiden äußeren Wellenleiter einen Koppler bilden und die außerhalb dieses Koppler-Bereichs wieder zu dem einen Wellenleiter zusammengeführt werden, und im hinteren Bereich des Substratkörpers einen an der hinteren Stirnseite aus- und einkoppelbaren, beiden Interferometerzweigen des doppelten Michelson-Interferometers gemeinsamen Meßstrahl führt, während die beiden äußeren Wellenleiter im hinteren Bereich des Substratkörpers jeweils zur Führung eines an einem Spiegel in sich reflektierten Referenzstrahles und im vorderen Bereich zur Führung der an der vorderen Stirnseite auskoppelbaren Interferenzsignale dienen, die jeweils einem mit einer Auswerteelektronik gekoppelten Detektor zugeführt sind, und wobei dem mittleren sowie einem der äußeren Wellenleiter im hinteren Bereich des Substratkörpers Mittel zur Phasenmodulation zugeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Wellenleiter (6) zwischen vorderer Stirnseite (4) des Substratkörpers und Koppler-Bereich (11, 12) mit einem Polarisator (27) versehen ist und daß sowohl die Referenzstrahlen als auch der Meßstrahl durch eine  $\lambda/4$ -Platte (24) geführt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Substratkörper (2) aus einem Lithiumniobatkristall in X- oder Y-Schnitt besteht, in dessen Oberfläche (3) die optischen Wellenleiter (6, 6', 6'', 7, 8) durch Titandiffusion eingebracht sind, wobei die Wellenleiter (6, 6', 6'', 7, 8) in Z-Richtung liegen.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisator (27) aus einer auf einem Abschnitt des mittleren Wellenleiters (6) durch Protonenaustausch hergestellten dünnen Schicht (28) reduzierter Brechzahl sowie einer auf dieser Schicht (28) aufgedampften Metallschicht (29) besteht.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die dünne Schicht (28) zwischen 50 und 1000 nm dick ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisator (27) im Bereich der Aufspaltung des mittleren Wellenleiters (6) in zwei Arme (6', 6'') diese zwei Arme teilweise überdeckt.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die  $\lambda/4$ -Platte (24) unmittelbar an der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) befestigt ist und daß an der  $\lambda/4$ -Platte (24) einerseits die Spiegel (25, 26) eingebracht sind sowie andererseits zum Aus- und Einkoppeln des Meßstrahles eine GRIN-Linse (33) angeordnet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Substratkörper

(2) auf einer Trägerplatte (1) fixiert und die  $\lambda/4$ -Platte (24) im Abstand von der hinteren Stirnseite (5) auf der Trägerplatte (1) gehalten ist und daß zwischen hinterer Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) und der  $\lambda/4$ -Platte (24) eine oder mehrere Linsen angeordnet sind.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß an der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) eine planparallele Glasplatte (22) und daran eine Zylinderlinse (23) befestigt ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenleiter (6, 7, 8) im Bereich der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) parabolisch aufgeweitet sind.

10. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) und der  $\lambda/4$ -Platte (24) im Strahlengang der Referenzstrahlen und des Meßstrahles je eine Kugellinse (39, 40, 41) angeordnet ist.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die  $\lambda/4$ -Platte (24) geteilt ist, wobei zwei Teile (24', 24'') im Bereich der äußeren Wellenleiter (7, 8) unmittelbar an der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) befestigt sind und der dritte Teil (24''') auf einer an der hinteren Stirnseite (5) angeordneten, den Meßstrahl aus- und einkoppelnden GRIN-Linse (33) fixiert ist.

12. Anordnung nach Anspruch 6 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die äußeren Wellenleiter (7, 8) im Bereich der hinteren Stirnseite (5) des Substratkörpers (2) parabolisch aufgeweitet sind.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (20, 21) zur Phasenmodulation des Meß- und eines der Referenzstrahlen elektro-optisch ausgebildet sind.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß als Laserstrahlenquelle (31) eine Laserdiode dient.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Koppler-Bereiche (11, 12) derart ausgebildet sind, daß die zwei Arme des mittleren Wellenleiters (6) mit dem jeweils daran koppelnden äußeren Wellenleiter (7, 8) im Koppler-Bereich jeweils zu einem Wellenleiter zusammenfallen.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

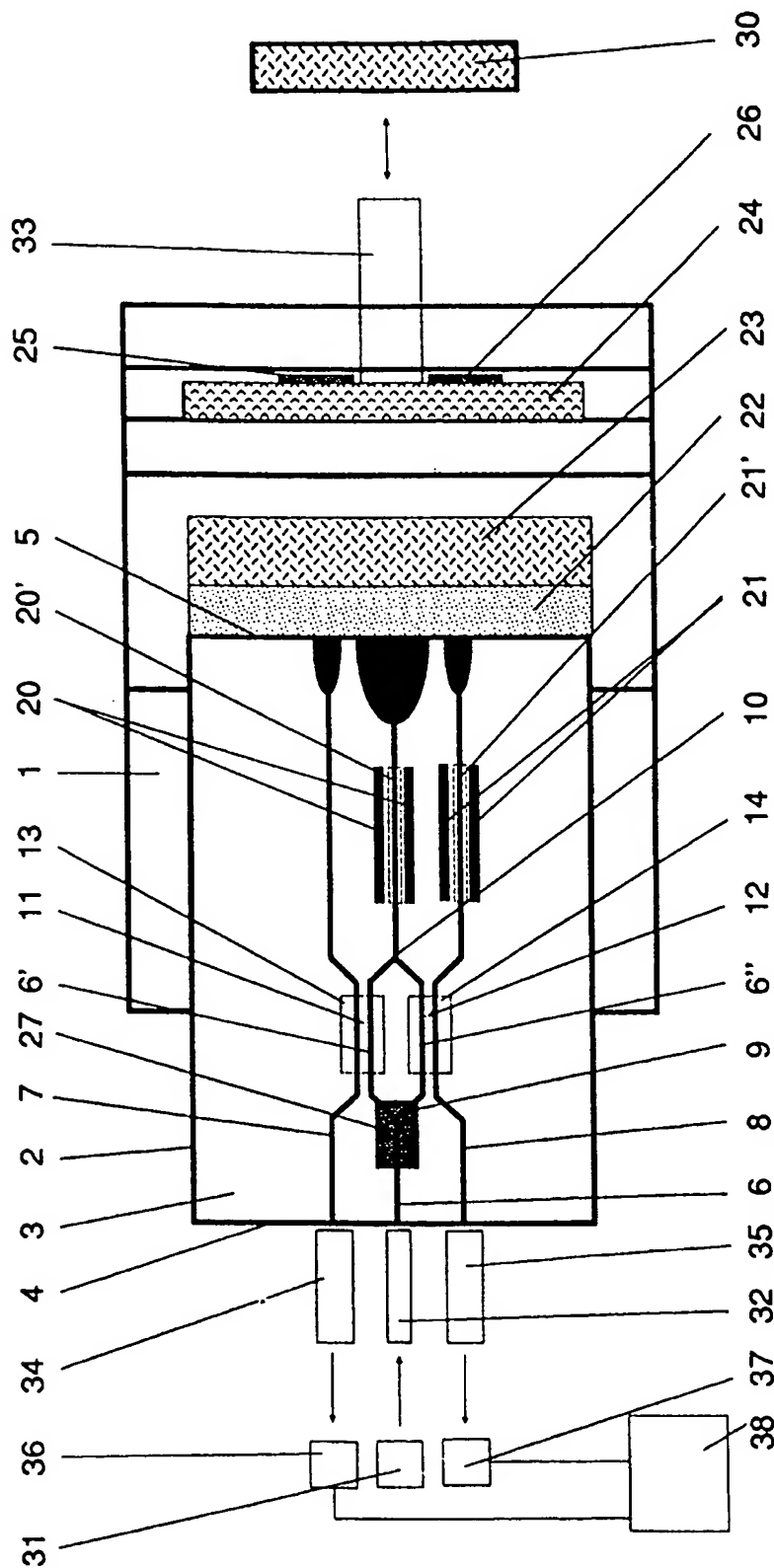


Fig. 1,a



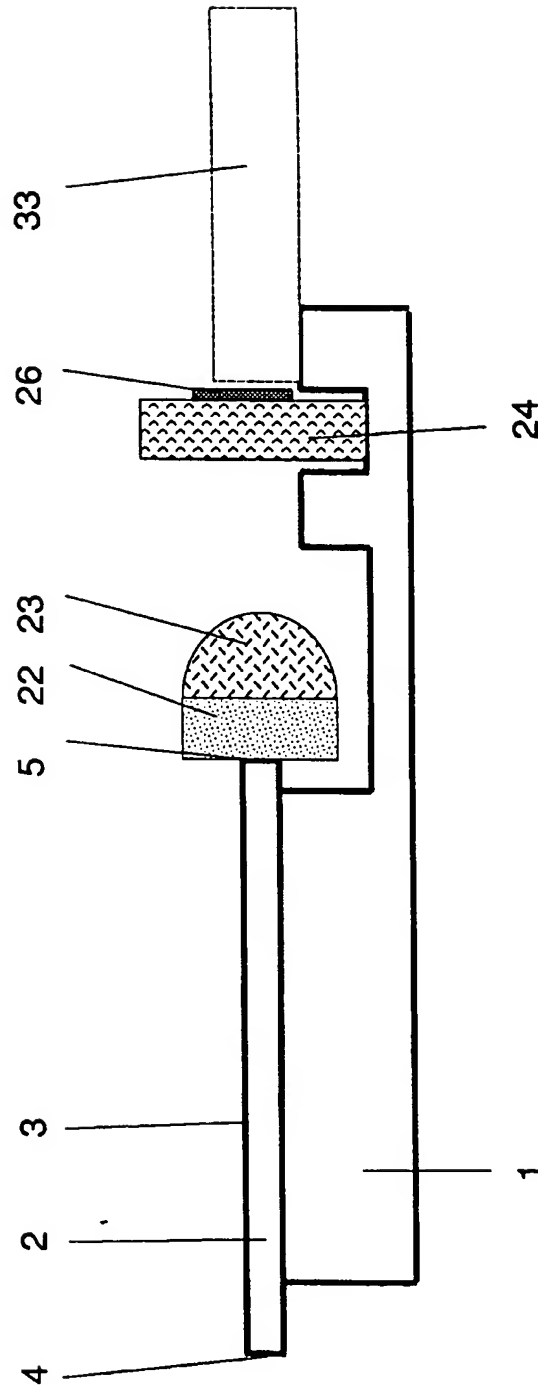


Fig. 1,b

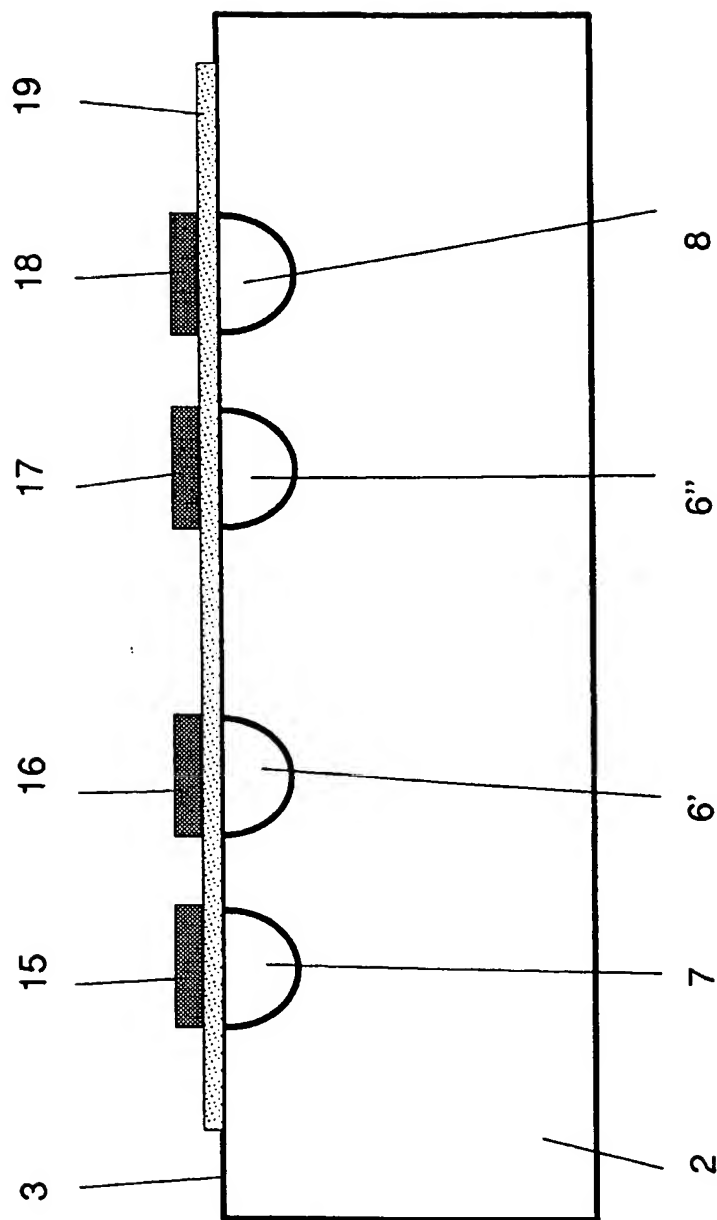


Fig. 1,c

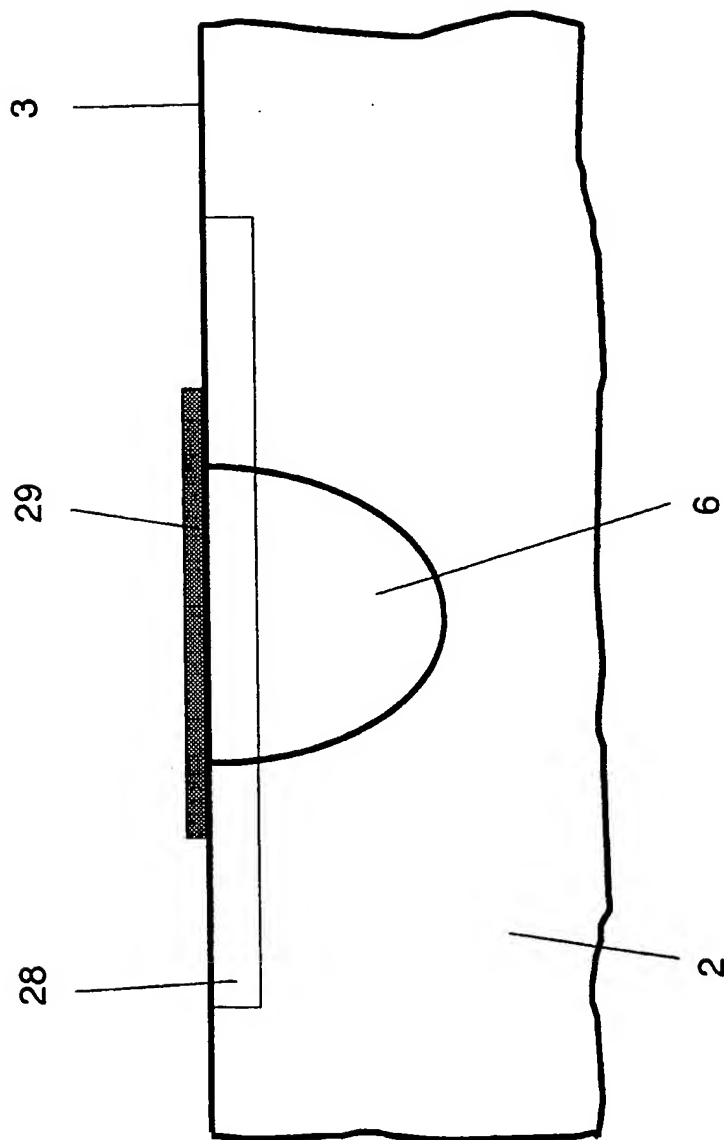


Fig. 1,d

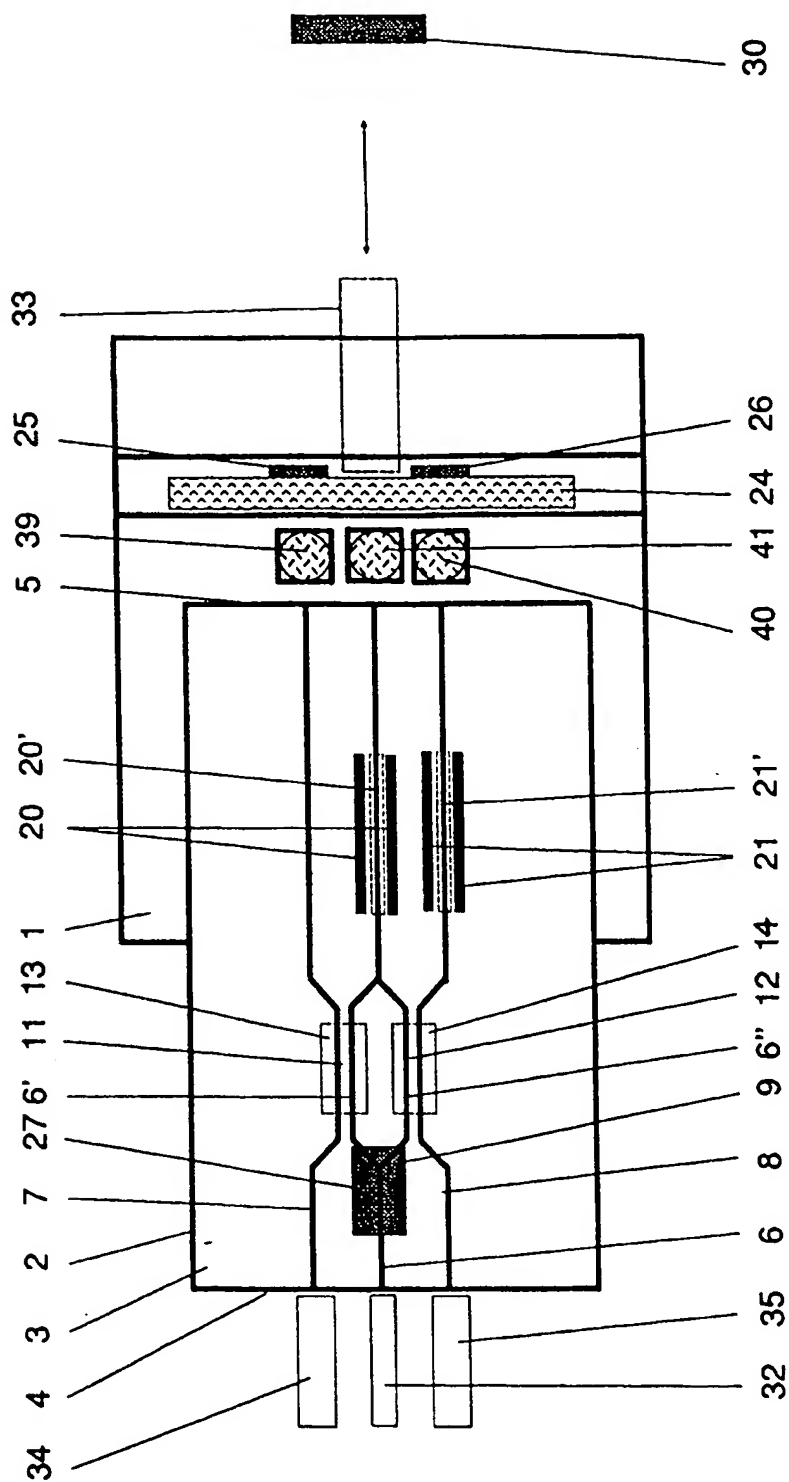


Fig. 2

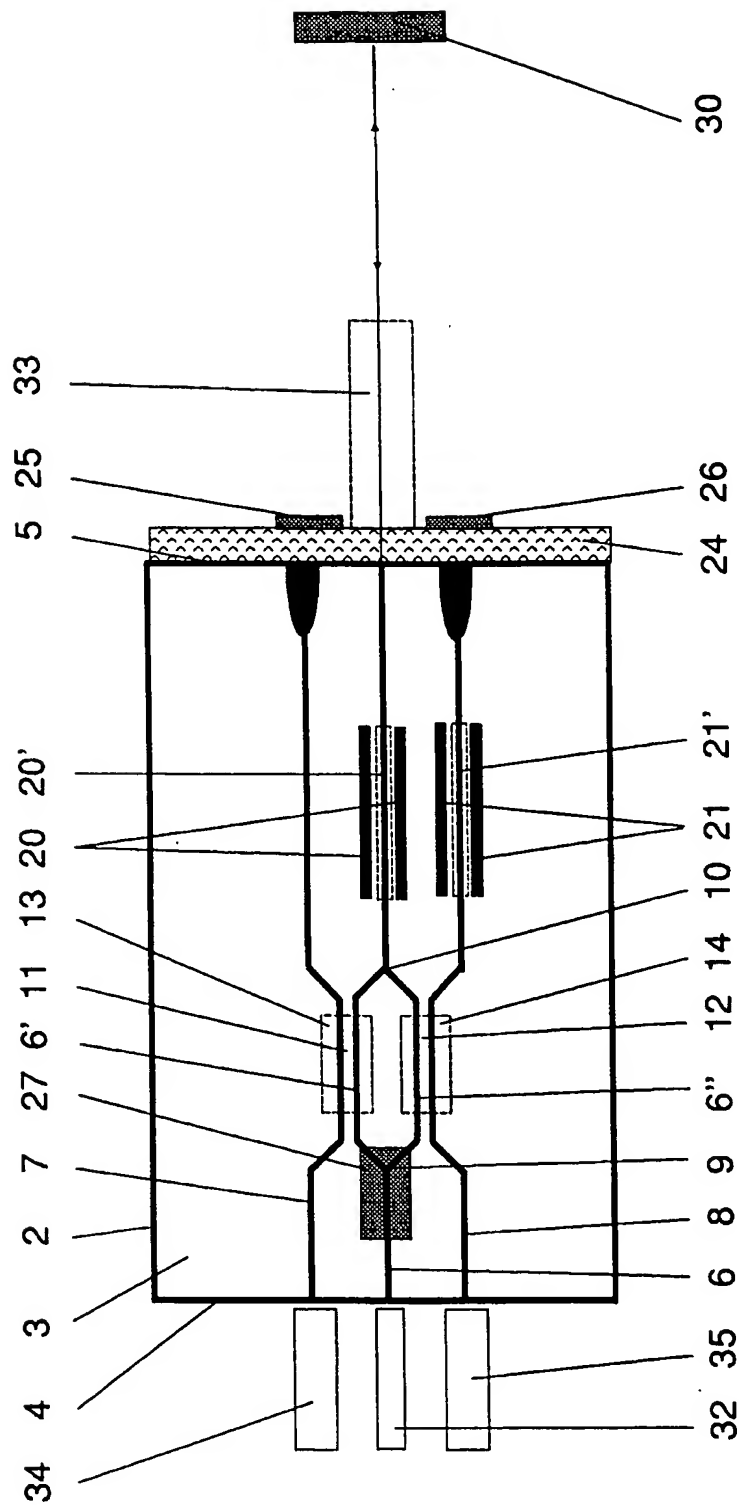
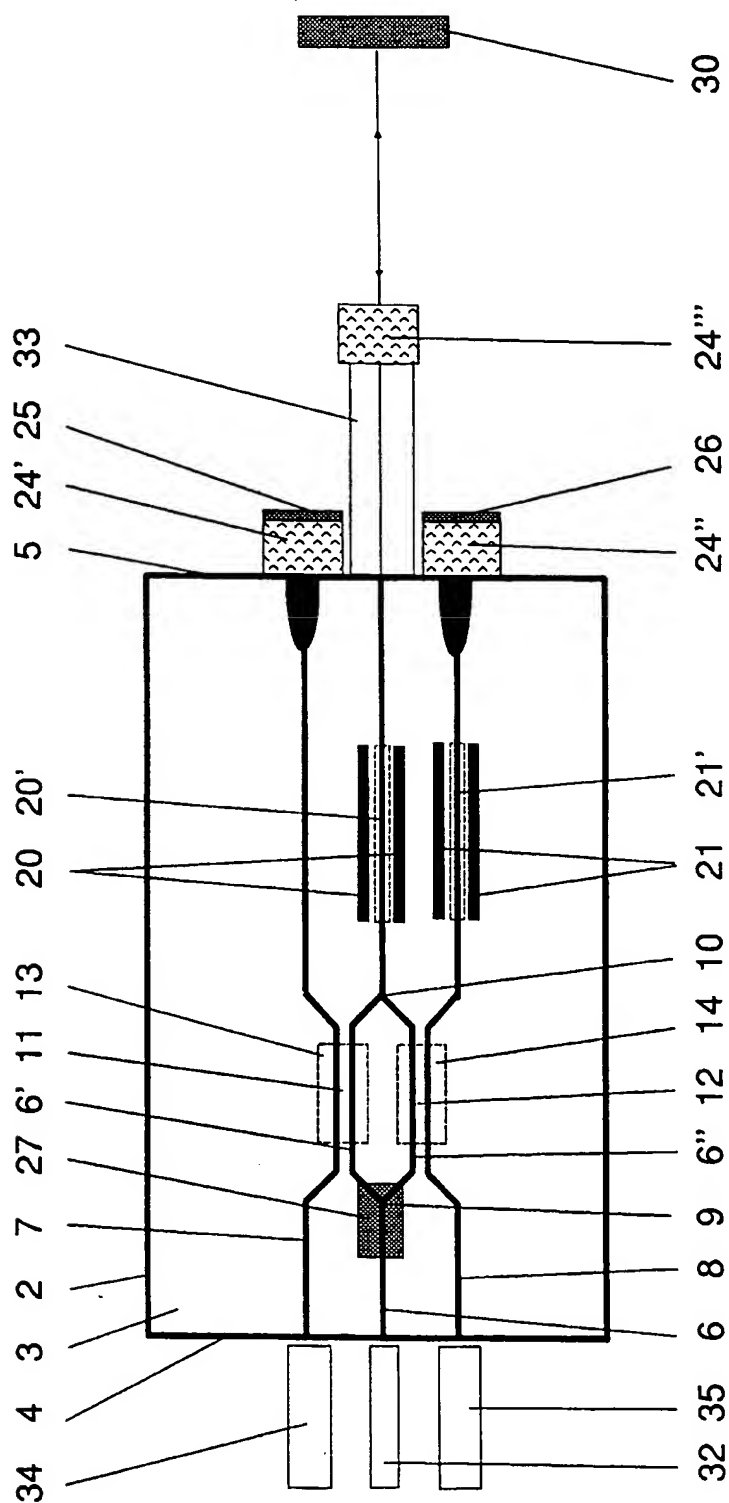


Fig. 3



**Fig. 4**

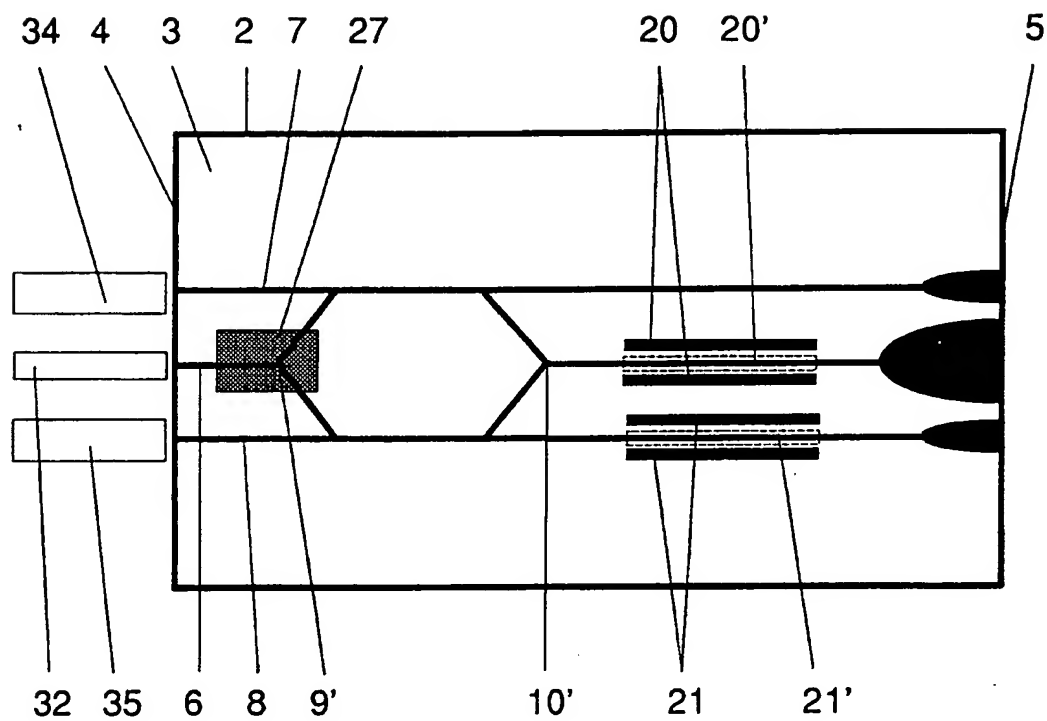


Fig. 5